



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA  
TITULACIÓN DE GRADO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Proyecto de remodelación de la Calle Serrano y construcción de tres  
aparcamientos. Metodología de trabajos topográficos.**

**Madrid, (Julio, 2014)**

***Alumno: Luis Vicente Cajete Manso***

***Tutor: D<sup>a</sup>. Mercedes Farjas Abadía***

## **INDICE**

### **1.- INFORMACIÓN PREVIA**

### **2.- SITUACIÓN ACTUAL**

- 2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA URBANIZACIÓN ACTUAL
- 2.2.- TRAZADO EN PLANTA
- 2.3.- TRAZADO EN ALZADO
- 2.4.- ARBOLADO EXISTENTE
- 2.5.- LÍNEAS DE METRO EN EL ENTORNO
- 2.6.- LÍNEAS DE AUTOBUSES EXISTENTES

### **3. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS**

- 3.1 INFORMACIÓN INICIAL
- 3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS
  - 3.1.1 Comprobación de las bases de proyecto.
  - 3.1.2 Levantamiento taquimétrico en superficie
  - 3.1.3 Levantamiento taquimétrico subterráneo
  - 3.1.4 Replanteo
  - 3.1.5 Toma de datos finales

### **4. MATERIAL UTILIZADO**

- 4.1 MATERIAL INFORMÁTICO
- 4.2 INSTRUMENTACIÓN DE TOPOGRAFIA

### **5.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

- 5.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES
- 5.2.- CAPACIDAD Y TAMAÑO DE PLAZAS
- 5.3.- ALTURA DE LAS PLANTAS
- 5.4.- NIVELACIÓN
- 5.5.- ACCESOS AL INTERIOR DEL ESTACIONAMIENTO
  - 5.5.1.- Accesos de vehículos



➤ 5.5.2.- Accesos de peatones

- 5.6.- OTROS RECINTOS Y DOTACIONES
- 5.7.- DESCRIPCIÓN FUNCIONAL
- 5.8.- CIRCULACIÓN INTERIOR
- 5.9.- CIRCULACIÓN EXTERIOR

## **6.- MEMORIA CONSTRUCTIVA**

- 6.1.- LOSA DE CUBIERTA
- 6.2.- FORJADOS DE LOSAS ALVEOLARES PREFABRICADAS
- 6.3.- LOSAS DE ROTORES LATERALES
- 6.4.- LOSA DE FONDO
- 6.5.- PANTALLAS
- 6.6.- RAMPAS DE ACCESO Y OBRA
- 6.7.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

## **7.- MOVIMIENTO DE TIERRAS**

- 7.1.- VACIADO DE TIERRAS
- 7.2.- EXCAVACIÓN EN POZOS Y ZANJAS

## **8.- TRATAMIENTO PROPUESTO AL ARBOLADO EXISTENTE**

## **9.- SERVICIOS AFECTADOS**

## **10.- PROCESO CONSTRUCTIVO**

## **11. OBRA SUBTERRANEA Y SU REFLEJO EN SUPERFICIE**

## **12. ANEJO 5 - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

## **13. PLANOS**

1. Situación y emplazamiento de los aparcamientos.

2. Estado actual Topográfico.
3. Plano de conjunto Aparcamiento 1.
4. Plano de distribución de plazas Aparcamiento 1.
5. Coordinación del proyecto en superficie.
6. Reflejos exteriores de los aparcamientos.
7. Secciones tipo.
8. Longitudinales del Aparcamiento 1.
9. Acabados. Detalles.
10. Ejemplo de salida peatonal a superficie.
11. Replanteo de pilotes del Aparcamiento 1.
12. Replanteo de placas alveolares del Aparcamiento 1.
13. Fases de ejecución.
14. Instalaciones.
15. Afección al albolado.
16. Reposición de servicios afectados. Saneamiento
17. Reposición de servicios afectados. Aducción Canal de Isabel II
18. Reposición de servicios afectados. Canal de Isabel II
19. Reposición de servicios afectados. Gas
20. Reposición de servicios afectados. Iberdrola alta tensión.
21. Reposición de servicios afectados. Unión Fenosa alta tensión.
22. Reposición de servicios afectados. Telefonica.

## **1.- INFORMACIÓN PREVIA**

El 8 de Agosto de 2008 el Ayuntamiento de Madrid adjudicó a un consorcio formado por Cintra Infraestructuras e Iridium Concesiones el proyecto de Remodelación de la calle Serrano y la redacción del proyecto, construcción y explotación de tres aparcamientos con un total de 3.297 plazas repartidas entre parte pública y de residentes.

El proyecto supuso una transformación total de la calle más exclusiva de Madrid invitando al paseo y el disfrute de su parte comercial con un aumento de hasta el 64% de superficie de aceras mientras se potencio la calidad ambiental de todo el entorno plantando 813 nuevos árboles y creando más de 2,1 Km de carril bici, a la vez que se doto a la calle del más moderno mobiliario urbano facilitando puntos de encuentro y descanso.

La reordenación urbana se completó con la creación de dos carriles destinados a vehículos públicos, uno para autobuses y otro para taxis y motos, mientras se reservan tres carriles para vehículos privados. Todas las entradas y salidas a los aparcamientos se han realizado desde las calles transversales a Serrano, que también se transformaron en esta actuación.

La actuación en superficie abarcó el tramo de la calle Serrano que discurre desde la calle María de Molina hasta la Plaza de la Independencia. Incluyó la reurbanización del cruce de María de Molina- Serrano, de las calles aledañas a Serrano, así como la reordenación como glorieta convencional de la Plaza de la Independencia.

Para hacerse una idea de la magnitud del proyecto basta citar algunos de los consumos durante la fase de obra:

- Más de 9.000 toneladas de acero.
- Más de 125.000 m<sup>3</sup> de hormigón in situ.
- Más de 65.000 m<sup>2</sup> de forjados prefabricados.

- Más de 87.800 ml de pilote y pantallas desde 450 a 850mm de diámetro.
- Más de 65.000 m2 de granito.
- Más de 11.000 ml de bordillo.
- Más de 56.000 m2 de aglomerado.

En los trabajos, más de 350 operarios trabajaron simultáneamente con más de 80 técnicos y personal de administración dedicados directamente al proyecto.

En esta presentación vamos a ver una visión general de este proyecto y de los trabajos de índole topográfica que se tuvieron que llevar a cabo, tanto en la definición del proyecto como en su replanteo y control.

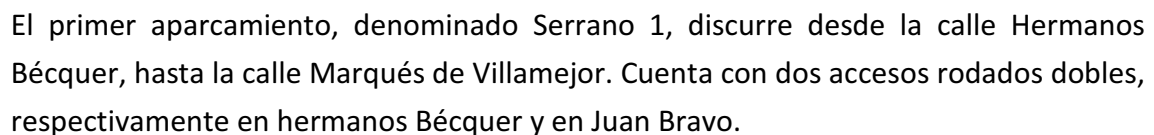
## 2.- SITUACIÓN ACTUAL

El ámbito de actuación está constituido por un amplio tramo de la C/ Serrano, que podemos limitar por la calle María de Molina al Norte y por la calle Alcalá al Sur, todo ello dentro del Distrito Municipal de Salamanca, en Madrid.



Los aparcamientos subterráneos son objeto de proyectos independientes pero coordinados con el proyecto de urbanización de la “REMODELACIÓN DE LA CALLE SERRANO Y ALEDAÑAS”, desde el que se definen directrices de geometría, diseño y construcción para los mismos.

Los tres tramos de aparcamientos subterráneos, iban dispuestos longitudinalmente bajo la calzada. Los aparcamientos están organizados mediante un carril central de doble sentido y dos baterías de estacionamiento laterales. Se describen a continuación, de Norte a Sur:



El segundo, denominado Serrano 2, discurre desde la calle Ortega y Gasset hasta la calle Hermosilla y a él se accede por Ortega y Gasset (acceso doble) y desde la vía de servicio de Castellana mediante las vías transversales secundarias (tres accesos simples), facilitando así el acceso a la zona más comercial de la calle Serrano de manera rápida desde otras áreas de la ciudad.



El tercero, denominado Serrano 3, discurre desde la calle Jorge Juan hasta la plaza de la Independencia, con doble acceso a través de la infraestructura subterránea existente bajo Colón por la calle Goya y la calle Jorge Juan. Cuenta con dos accesos dobles en la Plaza de la Independencia. Las rampas de éstos se disponen en la calle Alcalá (carril derecho protegido por la salida de metro de Claudio Coello) y en la calle Salustiano Olózaga, sin afectar así al tráfico actual de la rotonda, ni al entono monumental.

## **2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA URBANIZACIÓN ACTUAL**

Todo el tramo tenía unas características similares en cuanto a su diseño, con una sección viaria compuesta por 6 carriles de circulación con dirección única (incluido un carril exclusivo para el autobús) y un aparcamiento en línea en las aceras par. Las aceras eran anchas, de 5 m, contaban con plantaciones, mobiliario urbano, alumbrado, etc., todo ello en buen estado. Los solados de la zona estaban constituidos por loseta hidráulica, la habitual en Madrid, o terrazo, mientras que los bordillos eran de hormigón o granito, más habitual éste último. El estado previo era en general bueno como corresponde a una zona en la que se lleva a cabo un mantenimiento regular y coordinado. Las aceras disponían de rebaje en los pasos de peatones y el mobiliario urbano era adecuado y abundante.

Las intersecciones que generan los cruces de calle se resolvían a nivel y con semáforos, teniendo éstas normalmente sentidos alternativos, excepto las más importantes, Diego de León – Hermanos Bécquer, Juan Bravo, Lista y Goya que son de doble sentido.

El Metro tiene accesos peatonales en la zona, los más próximos de ellos correspondientes a las estaciones de Núñez de Balboa (Línea 5), Serrano (Línea 4) y Retiro (Línea 2) pero en todos los casos las bocas de Metro se sitúan fuera del corredor de Serrano.

## **2.2.- TRAZADO EN PLANTA**

La calle Serrano, en el tramo comprendido entre María de Molina y Alcalá, no presenta un trazado en planta totalmente recto sino poligonal compuesto por la sucesión de 3 alineaciones rectas que producen 2 quiebros de consideración, a la altura de las calles

de Lista y Jorge Juan. Los tramos rectos son los comprendidos entre las calles de María de Molina y Lista, Lista y Jorge Juan y Jorge Juan y Alcalá. Los ángulos de giro entre estas alineaciones son de 4,38º y 1,39º respectivamente, bastante mayor el primero que el segundo. La calle Serrano, en el mencionado tramo, se ve cruzada a nivel por las siguientes calles: María de Molina, General Oraá, Hermanos Bécquer, Diego de León, Maldonado, Juan Bravo, Padilla, José Ortega y Gasset (también llamada Lista), D. Ramón de la Cruz - Marqués de Villamagna, Ayala, Hermosilla, Goya, Jorge Juan, Villanueva, Conde de Aranda, Columela – Recoletos y Alcalá. En la mayor parte de los casos el cruce es perpendicular. No es así, en los casos correspondientes a las calles de López de Hoyos y Hermanos Bécquer en los que el ángulo que estas calles forman con Serrano no es recto. Asimismo, en la mayor parte de los casos el cruce atraviesa la calle Serrano, excepto en los casos de las calles Maldonado, Padilla, Marqués de Villamejor y Conde de Aranda, en los que éstas finalizan en la propia calle Serrano.

### **2.3.- TRAZADO EN ALZADO**

En cuanto al alzado, la calle Serrano, entre María de Molina y Alcalá, oscila entre las cotas máxima de 678,97 (a la altura de la calle Hermanos Bécquer) y mínima de 656,30 (en su cruce con Jorge Juan), con una oscilación de 22,67 m.

A lo largo de su recorrido presenta distintas pendientes. Comienza en María de Molina a la cota 670,65 con una pendiente ascendente media de un 3,65% hasta la calle Hermanos Bécquer. Desde aquí desciende hasta Jorge Juan con 3 pendientes diferentes (del 1,70% entre Hermanos Bécquer y Ayala, del 2,81% entre Ayala y Goya y muy suave, del 0,44% entre Goya y Jorge Juan) donde alcanza la cota más baja de su recorrido. A partir de aquí asciende muy suavemente, con un 0,27% hasta Columela para bajar hasta Alcalá con un 0,81%.

### **2.4.- ARBOLADO EXISTENTE**

El arbolado existente estaba compuesto por plátanos plantados en las dos aceras de la calle Serrano. Los árboles se ubicaban en alcorques, aproximadamente equidistantes a 7-8 m de separación y ligeramente retranqueados en el interior de la acera. La sucesión de alcorques se veía interrumpida en los cruces o cuando existe algún vado.

Existen algunas zonas con arbolado más abundante, como la plaza del Descubrimiento o el Museo Arqueológico, pero fuera de los límites de la actuación.

## **2.5.- LÍNEAS DE METRO EN EL ENTORNO**

Entre María de Molina y Alcalá, cruzan la C/ Serrano hasta 5 líneas de Metro:

- A la altura de María de Molina, cruzan la línea 7 (tramo entre las estaciones de Gregorio Marañón y Avenida de América) y un ramal de conexión de las **líneas 7 y 10**.
- Por Juan Bravo discurre la **línea 5** entre las estaciones de Núñez de Balboa y Rubén Darío.
- Por Goya circula la **línea 4**, en concreto en el tramo comprendido entre las estaciones de Colón y Serrano.
- Por último, por la calle Alcalá, la **línea 2**, entre las estaciones de Retiro y Banco de España.

Tanto las líneas de María de Molina como la de Alcalá se sitúan fuera de los límites de la actuación y en modo alguno afectan a la misma. No así las líneas 5 y 4 que discurren por Juan Bravo y Goya respectivamente y cruzan Serrano de forma bastante ortogonal, condicionando sobremanera el diseño de la actuación.

Así, en el cruce con Juan Bravo, los carriles de la línea 5 discurren a una profundidad de la calzada de aproximadamente 15,50 m, lo que permitirá pasar sobre ella la rasante de la primera planta del aparcamiento 1 pero no la de las plantas inferiores.

Por otra parte, la línea 4 que circula bajo Goya circula mucho más superficial, a unos 7 m de la superficie, lo que impide completamente la ejecución de un aparcamiento en ese cruce.

En cuanto a las estaciones, no hay ninguna en la zona de actuación.

## **2.6.- LÍNEAS DE AUTOBUSES EXISTENTES**

Por la zona circula un gran número de líneas de autobuses, algunas de las cuales circulan todo a lo largo de Serrano, otras la cortan por alguna calle transversal y otras hacen un movimiento combinado. El trazado de estas líneas se vio afectado por las obras en una actuación que se coordinó por la EMT.

## **3. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS**



### 3.1 INFORMACIÓN INICIAL

A continuación vamos a ver de forma general los trabajos topográficos realizados en este proyecto. La característica fundamental de la topografía civil es que el 80% de los trabajos a realizar son trabajos de replanteos. En las obras de grandes dimensiones en zonas urbanas hay que reseñar que una parte importante de los recursos se destinan a la toma de datos para la definición correcta de la obra y la realización de un proyecto riguroso.

Los trabajos topográficos que se hicieron durante la ejecución de estos aparcamientos y la remodelación de la calle Serrano se pueden dividir en tres clases.

- Preliminares:** para que el arquitecto pueda elaborar los planos de edificio, el cual necesita informarse sobre:

- Levantamiento topográfico del terreno.

- Calles, aceras y pavimentos.

- Servicios públicos (Saneamiento, abastecimiento, gas, energía eléctrica, telefonía..).

- Edificios existentes.

Estos datos deben de ir incluidos en el anteproyecto de la obra, si bien lo usual es que sean tomados de nuevo por los topógrafos de la empresa constructora, dado que van encaminados de forma más rigurosa a las necesidades del departamento de oficina técnica, encargada de la definición del proyecto y de las modificaciones pertinentes. Los levantamientos preliminares son de suma importancia ya que de ellos depende la comprobación de la viabilidad del proyecto, ya que los cambios que surja éste darán lugar a variaciones en el presupuesto de la obra, llegando a realizarse en algunos casos proyectos modificados.

- De construcción:** Replanteos en obras.

•**Levantamientos de posición:** toma de situación final de la obra (Planos as built, o libro del edificio correspondiente) .

A continuación pasamos a ver con más detalle en que consistieron estos trabajos.

### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **3.1.1 Comprobación de las bases de proyecto.**

El primer paso fue la comprobación de las bases de proyecto, incluidas en el Anejo Topográfico del proyecto de construcción. Este documento incluye el “Levantamiento taquimétrico a escala 1/500 de la calle Serrano, desde la plaza de la Independencia hasta su confluencia con la calle María de Molina” aportado por el Ayuntamiento de Madrid al equipo redactor del proyecto y realizado por la empresa ‘Valverde SIG’ desde Agosto hasta Noviembre de 2005.

El sistema de referencia adoptado ha sido, el oficial ED-50 y como marco de Referencia la Red Topográfica de Madrid (RTM).

Según el anejo topográfico la falta de señales de la Red Topográfica de Madrid a lo largo de la calle Serrano y sus inmediaciones obligaba a realizar una poligonal de elevada longitud, desde la plaza de la Independencia hasta la calle de María de Molina y en consecuencia a asumir los errores accidentales propios de este tipo de metodología.

Para evitar la imprecisión de ese tipo poligonales se densificó la RTM con señales interpoladas en cruces de calles, donde la cobertura GPS fuese adecuada, y así, también poder obtener los parámetros de transformación entre proyecciones UTM asociadas a ambos sistemas de referencia.

Las observaciones se realizaron con cuatro receptores, tres de la marca comercial Leica y el cuarto de Trimble. Las características técnicas de los receptores se adjuntan en el anexo de instrumental.

La metodología de observación fue estático-rápido, con intervalos de observación de 17 a 25 minutos, dependiendo del GDOP de cada zona.

Una vez ajustada la red en WGS84 se realizó una transformación tridimensional (Molodensky-Badekas), la cual arrojó unos residuos comprendidos entre 5mm y 16mm en planimetría y 10mm en altimetría, tal y como se indica en el informe de la página siguiente. Estos valores garantizan la precisión en las bases del levantamiento para la realización de una cartografía a escala 1/500.

El cálculo de las líneas GPS como el ajuste de la red de enlace con la RTM ha sido realizado el programa Ski-Pro (Versión 2.5 y 3.0) de la casa comercial Leica.

La altimetría se resolverá mediante un ajuste por mínimos cuadrados de nivelación trigonométrica entre las bases impuestas para el replanteo, manteniendo fijas las altitudes de las bases de la RTM.

Una vez resuelto el marco de referencia se implantaron una serie de bases observadas mediante itinerarios, intentando realizar puntos nodales para constituir una red y así poder realizar ajuste de las observaciones mediante mínimos cuadrados.

El instrumental utilizado en la observación de las poligonales y la radiación ha sido:

Estación total Leica TCR 302 y Estación total Leica TC 305, cuyas características técnicas se adjunta en el anexo de instrumental.

El cálculo de las coordenadas de las bases del levantamiento se realizó en tres partes, la primera desde los clavos existentes de la RTM en la plaza de la Independencia y la plaza de Cibeles (281 y 1212), hasta la calle de Goya, donde se habían colocado dos clavos observados con GPS (24 y 300).

La segunda parte de cálculo es la comprendida entre las bases de la Calle Goya (24 y 300), observadas con GPS, las existentes en la calle Ortega y Gasset (301, 302 y 303), observadas, también con la misma técnica y las ubicadas en la calle de Juan Bravo, 304 y 305.

La tercera zona de cálculo fue la comprendida calle de Juan Bravo, donde se habían colocado los clavos 304 y 305, observados mediante GPS, más los clavos de la RTM ubicados, en la calle de María de Molina el 3094 y el 3095 en la confluencia de las calles Hermanos Bécquer y Serrano, junto a la embajada de Estados Unidos.

A la numeración de todos los clavos se le sumó 100000, para que no se produjera confusión entre la numeración de los clavos y los detalles del levantamiento. Una vez fijado el marco de la red se procedió a realizar el cálculo de las poligonales y así obtener el primer indicador de la bondad de los datos de campo, para posteriormente ajustar las observaciones mediante mínimos cuadrados.

Para la comprobación de las bases de proyecto se utilizó topografía clásica, ya que debido a la época del año y la densidad de arbolado en la calle de Serrano se hacía imposible la utilización de receptores GPS para la realización del levantamiento.

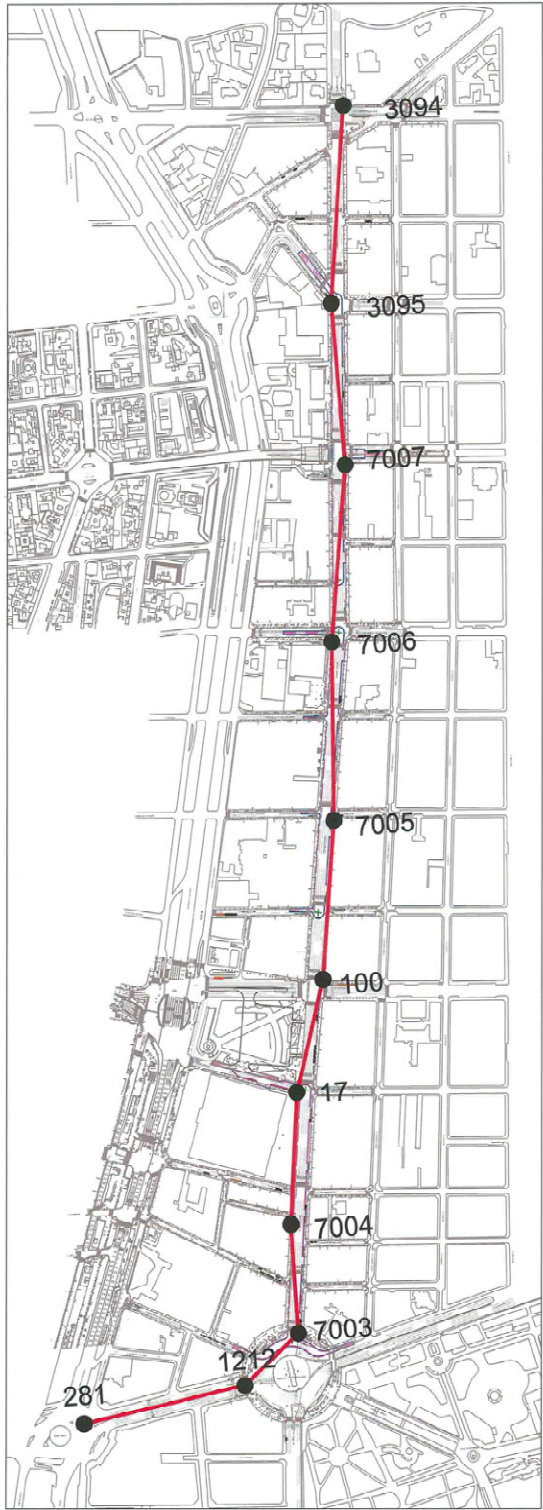
A este condicionante se unió la estrechez de las calles perpendiculares a la calle de Serrano y por lo tanto la imposibilidad prácticamente total de la utilización del GPS, es obligado realizar la toma de detalles mediante topografía convencional.

Se realizó una poligonal desde la plaza de la Independencia hasta la calle de María de Molina. La longitud fue de 1750 metros y se observaron 8 tramos de longitud aproximada de 200 metros. La observación se hizo nocturna, utilizando una estación

TCRA1201 con seguimiento de prisma automático (ATR) y con medidas reiteradas y regla de Bessel. En consecuencia se consiguieron reducir los errores accidentales propios de este tipo de metodología. La poligonal se hizo entre dos clavos de la RTM ( 1212 y 3095) y se pasó por bases de proyecto.

Poligonal						
Proyecto : POLIGONALES				Calculado en la fecha : 25/09/2008 18:43		
Sistema de referencia : UTM-30						
Proyección : UTM				Elipsoide : Internacional (Hayford)		
Datos originales						
Estación	Visado	Horizontal	Vertical	Dist.Geom.	Mira	Inst.
3095	7	202.5198	101.1267	255.819	1.522	1.501
7	3095	365.6681	98.8872	255.818	1.480	1.535
7	6	176.0125	101.2421	280.678	1.447	1.535
6	7	165.4180	98.8076	280.674	1.517	1.629
6	5	359.7891	100.9650	282.274	1.472	1.629
5	6	30.1173	99.0745	282.273	1.575	1.573
5	100100	235.1229	101.7141	248.568	1.493	1.573
100100	5	62.3093	98.3022	248.568	1.571	1.533
100100	100017	272.1988	100.5290	187.208	1.525	1.533
100017	100100	25.3037	99.4740	187.210	1.568	1.568
100017	4	214.1320	99.7646	208.358	1.520	1.568
4	100017	120.5885	100.2526	208.359	1.567	1.568
4	3	313.2796	100.2768	172.025	1.458	1.568
3	4	374.6170	99.7633	172.023	1.570	1.563
3	1212	230.0035	101.6878	116.836	1.516	1.563
1212	3	0.9322	98.3511	116.835	1.477	1.499
Datos calculados						
Estación	Visado	Acimut	Dist.Red.	Desnivel		
3095	7	199.3771	255.6603	-4.544		
7	3095	399.3771	255.6599	4.531		
7	6	209.7222	280.4947	-5.383		
6	7	9.7222	280.4944	5.374		
6	5	204.0940	282.1111	-4.116		
5	6	4.0940	282.1123	4.107		
5	100100	209.1003	248.3633	-6.608		
100100	5	9.1003	248.3645	6.594		
100100	100017	218.9905	187.1152	-1.545		
100017	100100	18.9905	187.1172	1.549		
100017	4	207.8195	208.2604	0.821		
4	100017	7.8195	208.2613	-0.823		
4	3	200.5113	171.9440	-0.636		
3	4	0.5113	171.9424	0.635		
3	1212	255.8985	116.7412	-3.049		
1212	3	55.8985	116.7419	3.049		
Resumen						
		Longitud de la poligonal		1750.692 m		
		Número de ejes		8		
		Error de cierre angular		0.0057 gon		
		Error de cierre en X		-0.018 m		
		Error de cierre en Y		0.016 m		
		Error de cierre en Z		0.018 m		
		Error relativo en planimetría		1 / 71257		
Coordenadas finales						
Número	X	Y	Z	Desor	Nombre	
3095	441871.860	4476487.710	678.550	396.8566		
7	441874.359	4476232.065	674.015	33.7090		
6	441831.686	4475954.837	668.641	244.3042		

5	441813.554	4475673.311	664.532	373.9767	
100100	441778.169	4475427.483	657.934	346.7910	
100017	441723.174	4475248.632	656.388	393.6868	
4	441697.656	4475041.942	657.212	287.2310	
3	441696.273	4474870.006	656.578	25.8943	
1212	441606.440	4474795.450	653.530	54.9663	



Como puede verse en los resultados las diferencias en las coordenadas es perfectamente asumible para este tipo de obra.

Por ejemplo el punto 100017 tenemos 11mm en X 3mm en Y y 52 mm en Z, y en el punto 100100 tenemos 16mm en X 10mm en Y y 5 mm en Z.

Donde más diferencia tenemos es en la Z, para lo cual se realizó una nivelación geométrica ida y vuelta, dando cota a clavos que posteriormente se utilizaron en el replanteo.

		IDA		
		ESPALDA	FRENTE	DIF
3094	N106	0.066	2.209	-2.143
N106	N105	0.113	1.909	-1.796
N105	N104	1.454	0.208	1.246
N104	N103	2.126	0.447	1.679
N103	N102	2.087	0.690	1.397
N102	N101	1.827	0.314	1.513
N101	B3	1.888	0.670	1.218
B3	N100	1.898	1.200	0.698
N100	N1	0.703	1.713	-1.010
3095	N1	1.085	1.943	-0.858
N1	N2	0.736	1.958	-1.222
N2	N3	0.89	1.762	-0.872
N3	N4	1.025	1.734	-0.709
N4	N5	0.983	1.574	-0.591
N5	N6	1.068	1.818	-0.750
N6	N7	0.829	1.747	-0.918
N7	N8	0.833	1.913	-1.080
N8	N9	0.87	1.862	-0.992
N9	N10	0.679	1.701	-1.022
N10	N11	0.762	1.889	-1.127
N11	N12	1.059	1.725	-0.666
N12	N13	0.558	1.774	-1.216
N13	N14	0.55	1.274	-0.724
N14	N15	0.889	1.456	-0.567
N15	N16	1.042	1.440	-0.398
N16	N17	0.993	1.582	-0.589
N17	N18	0.82	1.863	-1.043
N18	N19	0.713	1.889	-1.176
N19	N20	0.612	2.069	-1.457
N20	N21	0.458	2.182	-1.724
N21	100	0.594	1.521	-0.927
100	N22	0.826	1.651	-0.825
N22	N23	1.506	1.549	-0.043
N23	N24	1.280	1.498	-0.218

N24	17	0.916	1.369	-0.453
17	N25	1.652	1.212	0.440
N25	N26	1.461	1.195	0.266
N26	N27	1.528	1.305	0.223
N27	N28	1.404	1.496	-0.092
N28	N29	1.299	1.450	-0.151
N29	N30	1.342	1.361	-0.019
N30	N31	1.181	1.493	-0.312
N31	N32	1.123	1.754	-0.631
N32	N33	0.825	1.772	-0.947
N33	1212	0.278	1.920	-1.642
1212	281			

-25.032

VUELTA

		ESPALDA	FRENTE	DIF
N106	3094	2.178	0.034	2.144
N105	N106	1.961	0.166	1.795
N104	N105	0.198	1.444	-1.246
N103	N104	0.264	1.942	-1.678
N102	N103	0.678	2.074	-1.396
N101	N102	0.278	1.791	-1.513
B3	N101	0.729	1.946	-1.217
N100	B3	1.188	1.886	-0.698
N1	N100	1.784	0.774	1.010
N1	3095	1.878	1.020	0.858
N2	N1	1.911	0.689	1.222
N3	N2	1.66	0.787	0.873
N4	N3	1.662	0.953	0.709
N5	N4	1.563	0.974	0.589
N6	N5	1.793	1.042	0.751
N7	N6	1.91	0.992	0.918
N8	N7	1.872	0.792	1.080
N9	N8	1.82	0.828	0.992
N10	N9	1.63	0.609	1.021
N11	N10	1.805	0.679	1.126
N12	N11	1.714	1.048	0.666
N13	N12	1.605	0.391	1.214
N14	N13	1.276	0.552	0.724
N15	N14	1.424	0.857	0.567
N16	N15	1.412	1.014	0.398
N17	N16	1.582	0.993	0.589
N18	N17	1.859	0.816	1.043
N19	N18	1.79	0.614	1.176
N20	N19	2.085	0.628	1.457
N21	N20	2.18	0.456	1.724
100	N21	1.537	0.611	0.926

N22	100	1.616	0.791	0.825
N23	N22	1.516	1.473	0.043
N24	N23	1.476	1.258	0.218
17	N24	1.446	0.993	0.453

N25	17	1.280	1.720	-0.44
N26	N25	1.224	1.490	-0.266
N27	N26	1.301	1.524	-0.223
N28	N27	1.512	1.420	0.092
N29	N28	1.412	1.261	0.151
N30	N29	1.450	1.430	0.02
N31	N30	1.478	1.166	0.312
N32	N31	1.760	1.129	0.631
N33	N32	1.785	0.837	0.948
1212	N33	1.954	0.312	1.642

25.029

#### Coordenadas finales ajustadas

3094	674.890	N6	673.550	100	657.930
N106	672.747	N7	672.632	N22	657.105
N105	670.951	N8	671.552	N23	657.063
N104	672.197	N9	670.560	N24	656.845
N103	673.876	N10	669.539	17	656.392
N102	675.272	N11	668.413	N25	656.832
N101	676.785	N12	667.747	N26	657.099
B3	678.003	N13	666.532	N27	657.322
N100	678.701	N14	665.809	N28	657.230
N1	677.691	N15	665.242	N29	657.080
3095	678.550	N16	664.844	N30	657.060
N1	677.692	N17	664.255	N31	656.749
N2	676.471	N18	663.213	N32	656.118
N3	675.598	N19	662.037	N33	655.171
N4	674.890	N20	660.580	1212	653.529
N5	674.300	N21	658.856	281	644.856

Posteriormente para el replanteo y la toma de datos se densificó la red con coordenadas destacadas y triangulaciones inversas con las coordenadas de la poligonal principal.



### **3.1.2 Levantamiento taquimétrico en superficie**

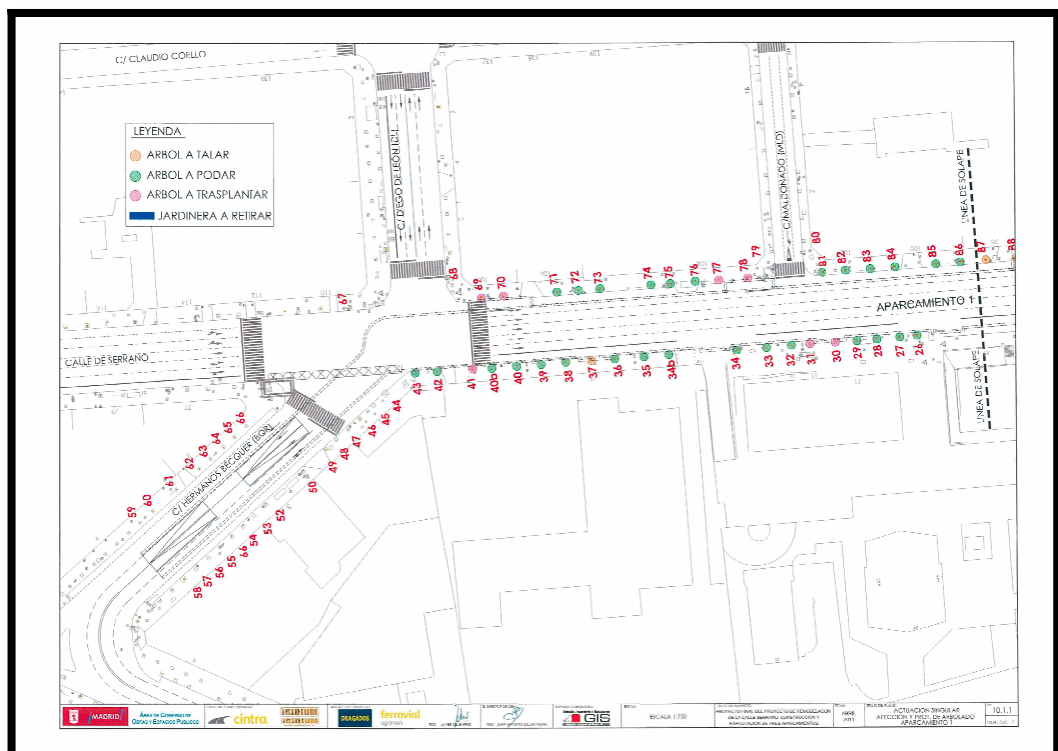
En esta fase del proyecto el instrumental utilizado fue el mismo que el empleado en la observación de la red de poligonales, con la salvedad de que se utilizaron estaciones TCRA1203 con algo menos de precisión angular. El método de observación fue el de radiación con códigos para cada tipo de detalles, diferenciando elementos puntuales de los lineales, para posteriormente, en la fase de edición asociar diferentes atributos, en función del código asociado. El levantamiento consto de varias fases:

- Toma de la calle Serrano y aledañas, reflejando las aceras (bordillos), aglomerado existente y todos los detalles de pavimentación importantes.
- Toma de todas las tapas de registros en el área de actuación, y posteriormente se realizó una comprobación levantándolas. Hubo que realizar croquis para determinar a qué compañía de servicios correspondían.
- Toma de mobiliario urbano.
- Toma de árboles existentes que pudieran verse afectados, por la transformación de la calle. Es importante reseñar este punto ya que hubo que realizar un levantamiento concienzudo de la base de los árboles y reflejar sus diámetros. También hubo que efectuar mediciones sin prisma a la crucetas de los árboles, nombre que se le dio al punto a partir del cual se podía efectuar una poda de ramas sin que ésta provocase la muerte del árbol. Los troncos presentaban un desplome hacia el eje de la calle que era necesario cuantificar para saber si éstos interferían en la ejecución de los pilotes. He comentado la importancia de éste levantamiento, porque los arboles eran los únicos elementos de la calle existente que iban a permanecer inalterables en la profunda transformación que sufrió la calle.



De hecho, los ejes de replanteo de los aparcamientos se cambiaron para buscar la mínima afección en los arboles existentes, ya que paralelo a estos ejes iban modulados todos los elementos de la sección final de la calle, incluido los alcorques futuros.

Se editaron planos de afección del arbolado a partir de esta toma topográfica.



- Toma de catas en distintas zonas de influencia del Proyecto con el fin de

completar y verificar la información aportada por las compañías de las distintas canalizaciones que discurrían por la zona de Proyecto.

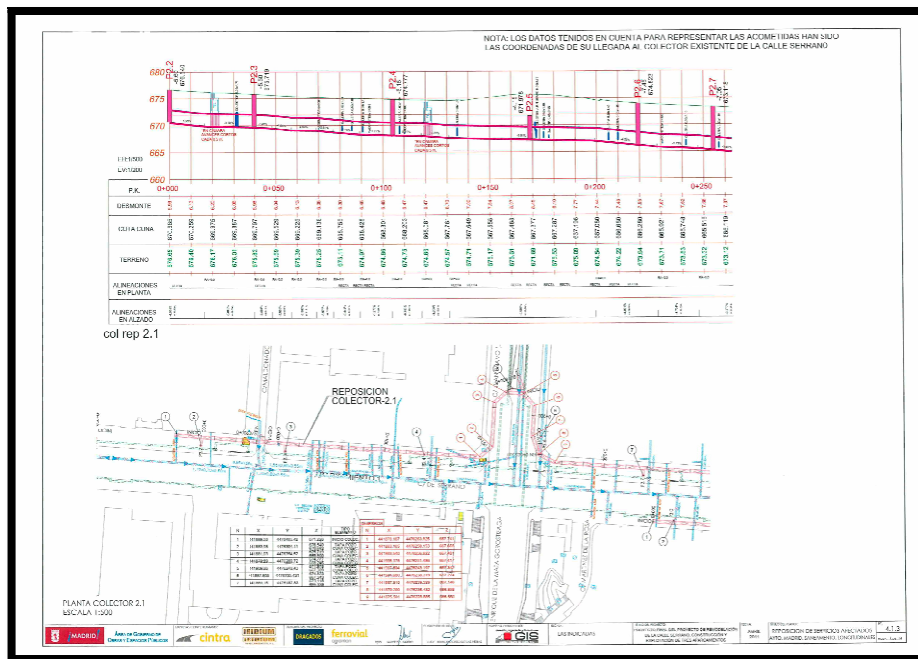
- Toma de las batientes de los portales, rejillas, vados y puntos singulares en las fachadas de los edificios, con el fin de utilizar estos datos en el encaje geométrico de las rasantes y secciones tipo. La idea fue minimizar escalones en la entrada a las viviendas, subiendo la cota siempre que se pudiese, detalle que ayudó a reducir las demoliciones y a agilizar los trabajos.

Hubo que rediseñar la geometría de la calle Serrano y aledaños (planta, alzado y sección), ya que el proyecto no disponía de datos válidos para el replanteo.

### **3.1.3 Levantamiento taquimétrico subterráneo**

- Toma de cámaras de telefonía bajo tierra, que mayormente se encontraban situadas en las aceras. Se realizaron medidas dentro de estas para determinar su geometría y los cables que pasaban por ellas. Este punto era de gran importancia ya que había cámaras que interferían en la ejecución de los pilotes. También se utilizaron estos datos para el encaje de los nuevos colectores, ya que estos no solo debían recoger todas las acometidas existentes, sino que además debían de pasar por debajo de todas estas cámaras, alguna de ellas de gran profundidad.
- Toma de centros de transformación subterráneos.
- Toma de aproximadamente 2000 ml colector visitable. Al ir el colector existente en Serrano por el eje de la Calle, este interfería en la posición de los aparcamientos proyectados. Este colector se situaba a una profundidad suficiente para captar las acometidas existentes, y tenía una pendiente que permitía su evacuación por gravedad y conexión con otros colectores. La toma topográfica se realizó en unas condiciones difíciles dada las reducidas dimensiones del colector existente (1,80x1). El método utilizado fue bajando puntos de coordenadas conocidas con plomadas laser desde pozos en superficie. A continuación se realizaban poligonales interiores desde el pozo de entrada al de salida, no sólo tomando la cota de la cuna existente, sino que también hubo que reflejar las acometidas que llegaban al colector y determinar cuáles de estas estaban en uso. Posteriormente en post-proceso se efectuaba

una transformación bidimensional con Autocad y se corregía la cota.



Este trabajo sirvió para la definición de los nuevos colectores, y para asegurar que se recogían en el todas las acometidas existentes.

Los trabajos estaban consensuados con el ayuntamiento debiendo presentar documentación de los nombres de los topógrafos participes en cada toma, y estando obligados a ser acompañados por dos trabajadores de la empresa encargada del mantenimiento de los colectores. Estos trabajos duraron cerca de un mes.

- Toma de galerías subterráneas existentes del canal de Isabel II, reflejando los servicios de cada una. Se dio el caso de que no solo contenían tuberías de abastecimiento, sino que por ellas iban múltiples cables de comunicación de diversas compañías y cables eléctricos de las compañías Unión Fenosa e Iberdrola.
- Toma de servicios afectados importantes aparecidos en la excavación, como líneas de 220 kv que dada su imposibilidad de reponer nos obligó a adaptar la estructura del aparcamiento para evitar su afección.
- Toma de la **línea 5 de metro** entre las estaciones de Núñez de Balboa y Rubén Darío y de la **línea 4 de metro**, en concreto en el tramo comprendido entre las estaciones de Colón y Serrano.

La toma se hizo con poligonales desde los clavos existentes en las entradas a

éstas estaciones. Se tomaron datos de las secciones características de estos túneles y de puntos por la clave de la bóveda existente.

#### **3.1.4 Replanteo**

Se efectuó el replanteo necesario para la ejecución del proyecto.

En este trabajo participaron 7 equipos completos de topografía.

Se puede comentar:

- Replanteo de pilotes, con sus cuelgues correspondientes.
- Cotas de excavación de la losa.
- Toma de desplomes de pilotes, para comprobar su afección a la geometría de los aparcamientos
- Cruces de servicios embebidos en la losa antes del hormigonado de la misma.
- Rampas de obra
- Ménsulas, huecos de ventilación..etc
- Instalaciones
- Escaleras, cuyos tiros se realizaron in situ.
- Replanteo de drenaje de fondo, pozos de bombeo.
- Apoyo a equipo de auscultación.

Para el replanteo se llevaron diversas poligonales por dentro del túnel, apoyándose en las bases topográficas de superficie. Las nuevas bases se señalaron con ménsulas ancladas a las pantallas pilotes de la obra.



### **3.1.5 Toma de datos finales**

Toma de la situación final de la obra, una vez finalizada ésta, tanto en superficie como subterránea.

El necesario para la presentación de los planos llamados as built, o lo que es lo mismo, los que se entregaron para recepcionar la obra por el ayuntamiento.

## **4. MATERIAL UTILIZADO**

### **4.1 MATERIAL INFORMÁTICO**

- **Aplicación informática ISTRAM®/ISPOL®**

Licencia de uso que incluye los siguientes módulos:

Módulo nº1: Cartografía Digital.

Módulo nº2: Diseño de Obras Lineales.

Módulo nº3: Modelado de Superficies.

Módulo nº 6: Control y Seguimiento de Túneles.

- **Aplicación informática AutoCAD**
- **Aplicación informática MDT**
- **Aplicación informática Topcal 21**
- **Aplicación informática Microsoft Office**
- **Aplicación informática Leica Geoffice**

### **4.2 INSTRUMENTACIÓN DE TOPOGRAFIA**

- **Taquímetro TCRA1203, 3"(1mgon) con EDM sin reflector, seguimiento de prisma automático (ATR) y plomada laser. AVANCE TPS1200, aplicación para obras viales**
- **Taquímetro TCRM1203, 3"(1mgon) motorizado con EDM sin reflector**



- **Nivel Automático NA720**  
Precisión: 2.5 mm  
Diametro del objetivo : 30 mm  
Aumento de lente : 20 x



- **Bases nivelantes** GDF121 sin plomada óptica y GDF122 con plomada óptica



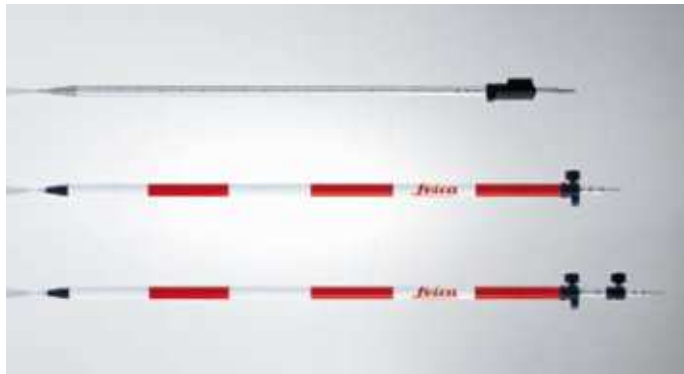
- **Soporte GR T144 con perno enchufable.**



- **Prisma, soporte y señal de puntería GPR121.** Prisma circular de precisión con recubrimiento anti reflectante. En el soporte metálico con tablilla de puntería extraíble. Precisión de centrado 1,0 mm, alcance 3500 m.



- **Bastones de reflector GLS11, GLS111, y GLS 112 con nivel esférico, división en cm y pies, extensibles.**



- **GMP111, miniprisma con soporte.** Miniprisma en el soporte de polímero con rosca de  $\frac{1}{4}$ ". Incl. nivel y minibastón de plomada GLS115. Constante de adición de prisma +17,5 mm, alcance 2.000 m.

**GLS115, minibastón de plomada de 4 piezas** con punta, con rosca de  $\frac{1}{4}$ ".  
Permite alturas de prisma de 10, 40, 70, 100 ó 130 cm. Para prismas sin nivel se dispone adicionalmente de un nivel adosable.

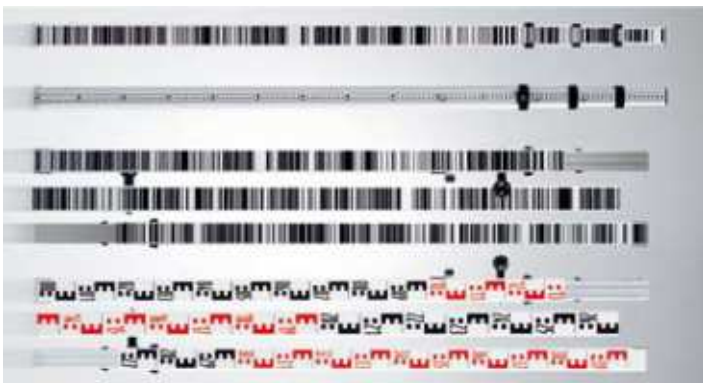




- **Trípode de madera GST120-9**, extensible. Versión pesada, de cierre automático, con correa de transporte y apriete roscado lateral. Acreditada y prolongada vida útil, excelente amortiguación de vibraciones y con protección contra torsión. Longitud 110 cm, telescópico, hasta 180 cm, peso 6,4 kg



- **GTL4M, mira de nivelación de fibra** de vidrio telescópica Mira de nivelación combi, 4 partes, código de barras y graduación en mm, en bolsa de transporte. Longitud 1,2 m, telescópica hasta 4 m.



- **Plomada óptica hilti.**



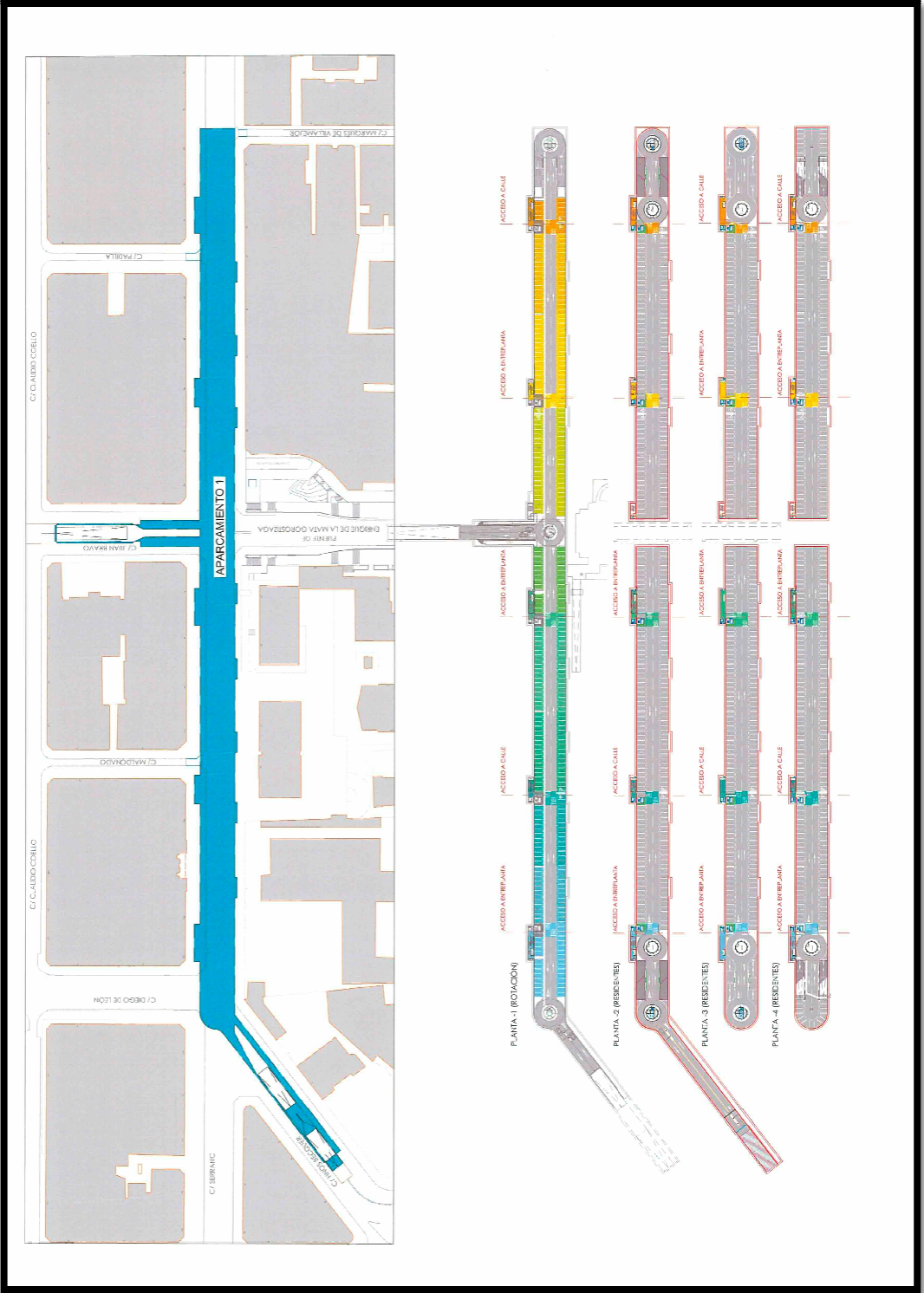
## **5.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **5.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES**

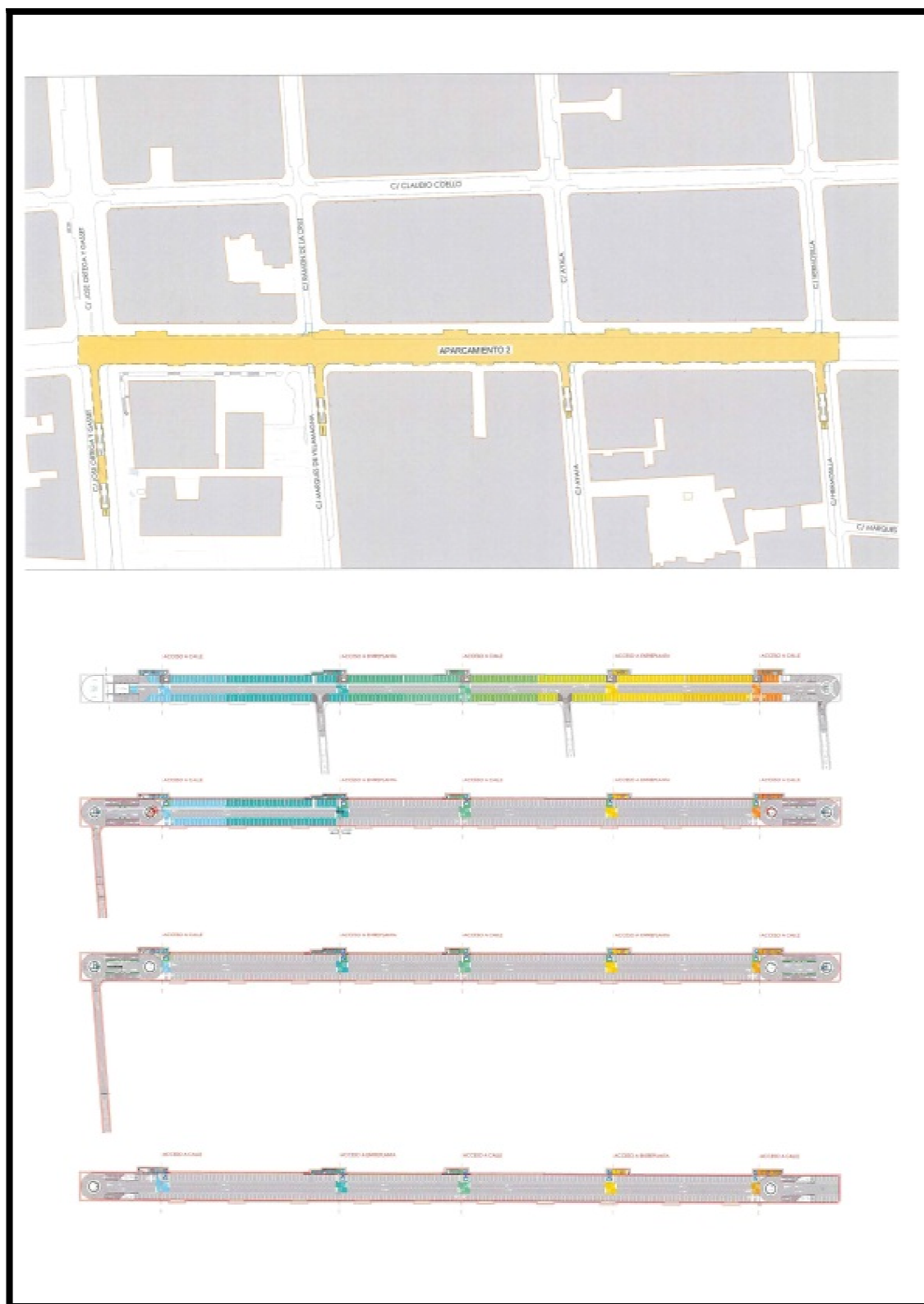
Los estacionamientos que se han ejecutado se encuentran situados en el subsuelo de la calle Serrano en el tramo comprendido entre la calle Hermanos Bécquer y la Plaza de la Independencia, exactamente en los lugares previstos para ello por el Ayuntamiento de Madrid.

Las soluciones ejecutadas en los 3 casos presentan una forma rectangular, no exactamente centrados en el eje de la calle Serrano, con las rampas acometiendo a las calles perpendiculares.

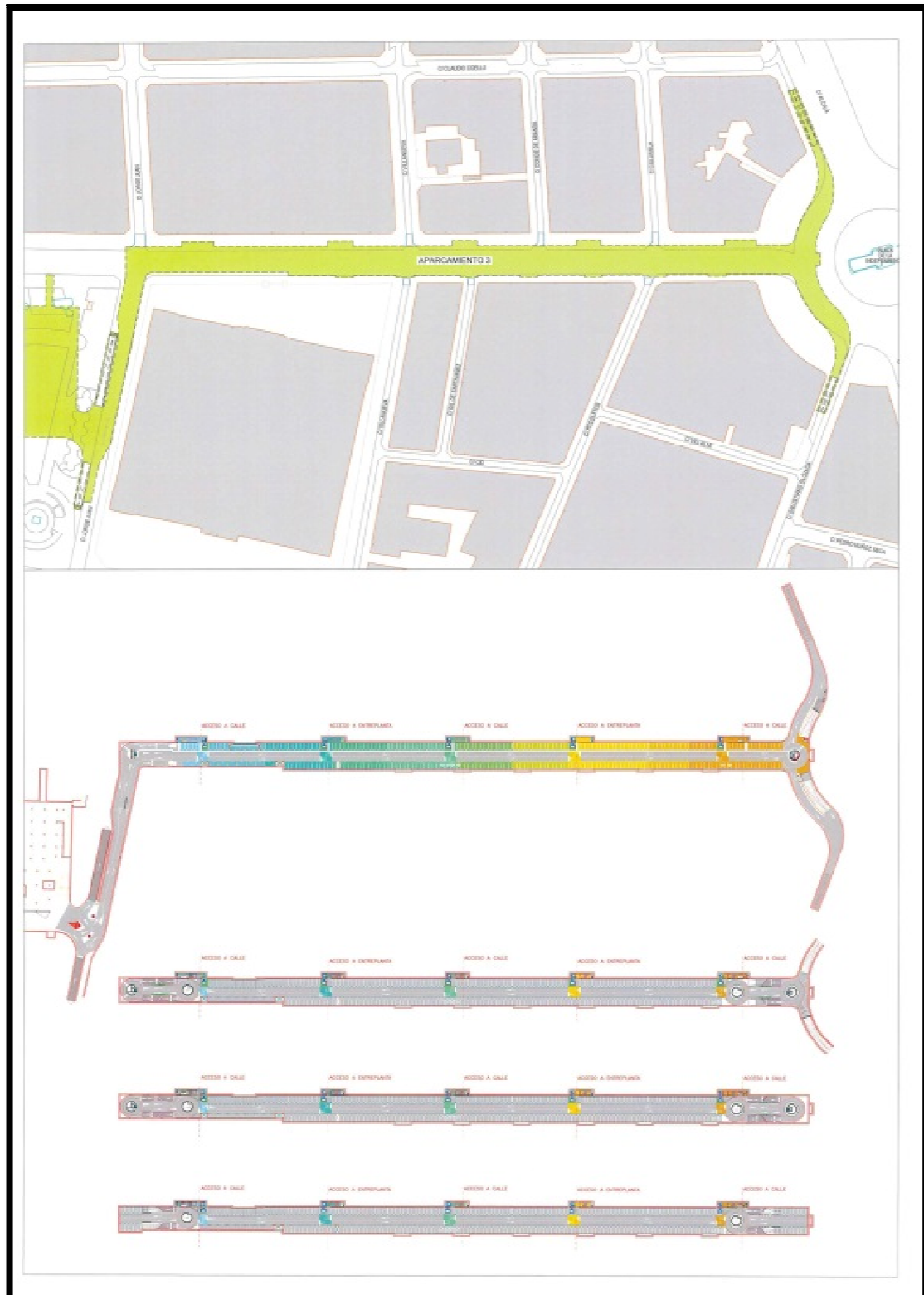
En el caso del **Aparcamiento 1**, existen rampas de acceso por la calle Hermanos Béquer y por la calle Juan Bravo.



Para el **Aparcamiento 2**, se han previsto accesos por las calles Ortega y Gasset, Marqués de Villamagna, Ayala y Hermosilla.



Finalmente, en el **Aparcamiento 3**, se han dispuesto una rampa en la calle Jorge Juan y dos rampas más en la calle Alcalá y en la calle Salustiano Olózaga.



Tienen una superficie total similar de unos de 30.000 m<sup>2</sup> cada uno de ellos y una capacidad total de 1.138 plazas en el Aparcamiento 1, 1.173 plazas en el Aparcamiento 2 y 986 plazas en el Aparcamiento 3. Distribuidas en 4 plantas iguales, bajo el nivel técnico.

En los 3 casos, las longitudes son similares (459,00 en el aparcamiento 1, 458,40 m en el 2 y 413,40 m en el 3) y las anchuras iguales, 15,80 m, medidas ambas en dimensiones interiores. Las plazas se distribuyen en dos baterías opuestas entre las que discurre el vial de circulación. Las rampas interiores, las que comunican las plantas entre si, son rampas rectas, unidireccionales, situadas en los dos extremos del aparcamiento (lo que proporciona doble acceso de bajada y subida a cada planta) resultando una distribución muy regular y funcional.

## **5.2.- CAPACIDAD Y TAMAÑO DE PLAZAS**

Inicialmente, se previó la siguiente distribución de plazas en el Proyecto Constructivo

## **5.3.- ALTURA DE LAS PLANTAS**

Las alturas proyectadas son las siguientes:

- Nivel 0 (Servicios): 2,00 m
- Nivel 1 (Rotaciones): 2,80 m
- Nivel 2, 3, 4 (Residentes): 2,60 m

## **5.4.- NIVELACIÓN**

La topografía y nivelación existente no supone grandes problemas al ser la calle Serrano en la actualidad sensiblemente horizontal. Los aparcamientos reproducirán las pendientes actuales tanto en sentido longitudinal como transversal resolviéndose así perfectamente la recogida de aguas tanto fuera como dentro del aparcamiento.

Así, los aparcamientos tendrán pendiente tanto en sentido longitudinal como transversal; además, todas las plantas tienen suelo y techo paralelo y como consecuencia de esto, altura constante.

## **5.5.- ACCESOS AL INTERIOR DEL ESTACIONAMIENTO**

### **5.5.1.- Accesos de vehículos**

Los accesos de vehículos a los aparcamientos se resuelven mediante en las siguientes calles:

- **Aparcamiento 1**

- Entrada a la planta –1 desde las calles Hermanos Bécquer y Juan Bravo
- Salida de la planta –1 a las calles Hermanos Bécquer y Juan Bravo
- Entrada a la planta –2 desde la calle Hermanos Bécquer
- Salida de la planta –2 a la calle Hermanos Bécquer.

- **Aparcamiento 2**

- Entrada a la planta –1 desde las calles Marqués de Villamagna y Hermosilla
- Salida de la planta –1 a la calle Ayala
- Entrada a la planta –2 desde las calle Ortega y Gasset
- Salida de la planta –3 a la calle Ortega y Gasset.

- **Aparcamiento 3**

- Entrada a la planta –1 desde las calles Jorge Juan y Alcalá
- Salida de la planta –1 a las calles Jorge Juan y Salustiano Olózaga
- Entrada a la planta –2 desde la calle Alcalá
- Salida de la planta –2 a la calle Salustiano Olózaga

Todas las rampas proyectadas tienen un trazado recto con una pendiente en todos los casos no superior al 18%, máximo admitido. Tienen un ancho total de 3,50 m ó 6,50 m, según sean de una o dos direcciones .

La conexión de las rampas con las plantas del aparcamiento, tanto en sentido de subida como de bajada, se realiza según un acuerdo vertical, que debe medir 2 m como mínimo y Kv debe ser igual o superior a 15.

### **5.5.2.- Accesos de peatones**

En cumplimiento con el Código Técnico de la Edificación (SI 3) se han implantado los accesos peatonales necesarios situados de tal manera que ningún usuario deba recorrer más de 50 m desde la desembocadura de la escalera más próxima hasta su plaza.

Las escaleras disponen de un vestíbulo de independencia en cada planta y un recorrido entre plantas mediante dos tiros paralelos y contrarios. El último tramo, el de unión de la planta primera con el exterior, consta de un único tiro.

Los tiros de las escaleras tienen una anchura de 1,20 m, dicha anchura se considera suficiente para permitir el cruce de dos personas con recorridos contrarios. A lo largo de uno de sus lados, el correspondiente al ojo, van protegidos por unas barandillas corridas, mientras que por el otro lado se dispondrá un pasamanos, que también existe, en los 2 lados en el tramo exterior.

En las proximidades de la mayor parte de las escaleras se ha dispuesto de un ascensor que comunicará el exterior con todas las plantas del aparcamiento y que además ha resultado el acceso a él a los usuarios minusválidos.

Tanto las escaleras como los vestíbulos de independencia están dotadas de ventilación natural.

## **5.6.- OTROS RECINTOS Y DOTACIONES**

Los aparcamientos requieren, para su correcto funcionamiento, además de las dársenas de vehículos, las rampas y las escaleras, otras estancias para los diversos servicios:

- Se han dispuesto una serie de aseos.
- Se han dispuesto cuartos de ventilación mecánica, agrupados junto a las escaleras. Estos cuartos alojarán los ventiladores de extracción, con salida de humos sobre la calzada, alejada más de 10 m de cualquier hueco o abertura de la fachada. Por salir en zona de calzada se rematará con una rejilla pisable que se conducirá a la franja central de un carril de circulación para salvaguardarlo en la medida de lo posible del paso de vehículos sobre ellos.
- Existen una serie de patios de ventilación natural, para entrada de aire, con rejilla al exterior similar en su concepto a las de salida de ventilación mecánica. Estos patios de ventilación están repartidas a lo largo de la longitud de los aparcamientos de forma que no exista un punto a más de 25 m de ellos.
- Tanto en la planta primera como en las segundas (la superior de la zona de residentes) se ubican unos cuartos de control y vigilancia desde donde se gobernará el



funcionamiento de las instalaciones del aparcamiento, con un recinto independiente para los cuadros generales eléctricos.

#### **5.7.- DESCRIPCIÓN FUNCIONAL**

El esquema ejecutado evita los cruces de circulación que puedan producir falsas maniobras. La totalidad del estacionamiento se realiza en batería a 90º teniendo siempre una perfecta visibilidad.

#### **5.8.- CIRCULACIÓN INTERIOR**

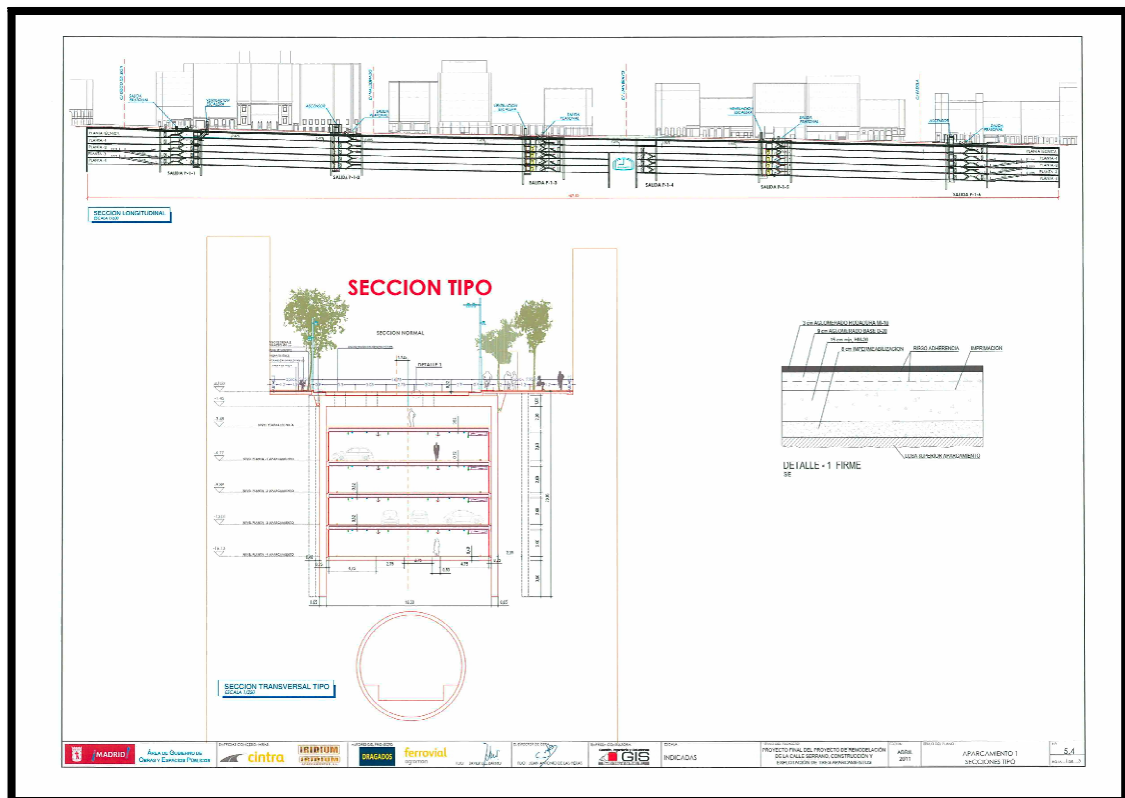
Las dimensiones de las plazas son de 4,75 x 2,40 m, salvo las de minusválidos que son de 4,75 x 3,60 m. Estas dimensiones vienen justificadas al no existir pilares intermedios y al ajuste debido a las condiciones de arbolado existentes y la implantación de la segunda hilada de árboles. El ancho de las calles de circulación es de 6,30 m siendo siempre de doble dirección. Estas anchuras superan las mínimas exigidas y se consideran más que suficientes para permitir el cruce de 2 vehículos en sentido contrario y para facilitar las maniobras de entrada y salida a las plazas. El recorrido interior a realizar por el usuario es similar en los 3 aparcamientos ya que los 3 se conciben de forma similar, con una planta, la superior, destinada a uso público y tres, las inferiores a uso exclusivo de residentes.

#### **5.9.- CIRCULACIÓN EXTERIOR**

La disposición adoptada de las rampas de acceso respeta íntegramente el sentido propuesto en el Proyecto de Urbanización tanto de la calle Serrano como de las calles colindantes donde afloran de forma paralela las rampas de entrada y salida. Es por ello por lo que podemos afirmar que su implantación no afectará al tráfico.

### **6.- MEMORIA CONSTRUCTIVA**

La solución estructural básica desarrollada consiste en el uso sistemático de losas y forjados apoyados en las pantallas longitudinales con la finalidad de eliminar apoyos intermedios. Ellos requerirán cimentaciones incompatibles con el futuro túnel del AVE, cuyo trazado está previsto que ocupe en planta una disposición más o menos centrada bajo la planta del aparcamiento.



La estructura del aparcamiento consta fundamentalmente de los siguientes elementos:

- Losa de cubierta de hormigón armado de 1,05 de canto.
- Forjados intermedios prefabricados de 45 + 7 cm de canto a base de losas alveolares pretensadas de 1,2 m de ancho.
- Forjados intermedios mediante losa maciza de hormigón armado “in-situ” en zonas de rotores laterales y arriostramiento de los pilotes en la zona mediante las propias rampas.
- Losa de fondo de 40 cm de espesor.
- Pantallas de pilotes de 65 cm de diámetro y separadas 1 m entre ejes, con un empotramiento mínimo de 3,5 m y máximo de 5,50 m y pilotes de 85 cm de diámetro donde los condicionantes por carga de hundimiento lo requiera.

### 6.1.- LOSA DE CUBIERTA

La solución proyectada es la losa de hormigón armado de 1,05 cm de canto, continua con la pantalla para favorecer el efecto pórtico.

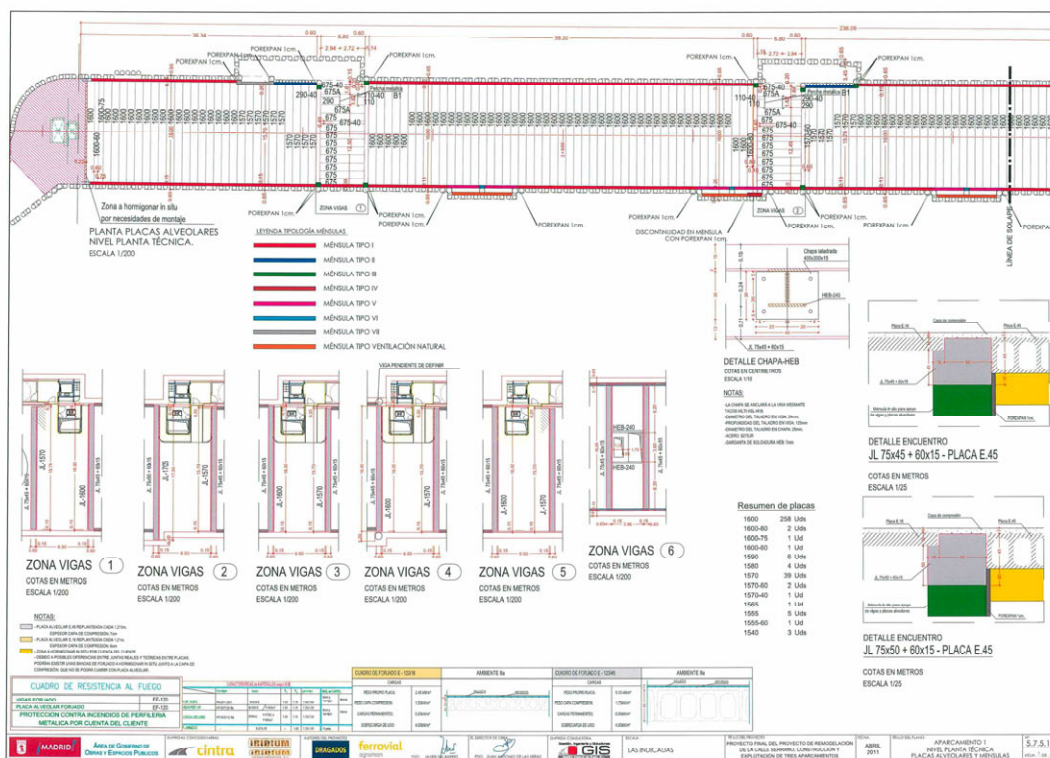
La losa posee en planta algunas singularidades:

- Apoyo transversal en extremos de plantas.

- Zonas de huecos de escaleras, que también impiden el apoyo general de la cubierta sobre la pantalla. Se resuelven disponiendo pilotes adicionales en cada escalera, en una situación centrada para materializar una viga longitudinal de dos vanos, que recibe la carga transversal de la losa.
- Ventilaciones naturales y forzadas que se resuelven materializando zunchos longitudinales.

## 6.2.- FORJADOS DE LOSAS ALVEOLARES PREFABRICADAS

Las tres plantas intermedias son forjados apoyados en la pantalla de pilotes. Para ello se construye una viga cadena continua de apoyo de 35 cm de canto y 35 cm de ancho con armadura de anclaje perforada a posteriori. Se trata de un forjado comercial compuesto por losas alveolares de 1,20 m de ancho y 45 cm de canto prefabricadas y pretensadas, que reciben una capa de compresión y reparto de 7 cm de espesor.



## 6.3.- LOSAS DE ROTORES LATERALES

Debido a la singularidad de las zonas de rotores laterales en los aparcamientos, éstas se han proyectado mediante losa maciza de hormigón armado “in-situ” apoyadas sobre pantallas perimetrales.

## 6.4.- LOSA DE FONDO

Se ha dispuesto una losa de hormigón armado de 40 cm de espesor como solera de última planta.

Su misión fundamental es la de servir de acodalamiento en su nivel frente a la posible disminución del pasivo de empotramiento de la pantalla por efecto de la presencia de la cavidad futura a realizar.

#### **6.5.- PANTALLAS**

La tipología de pantalla ha sido la pantalla de pilotes ( $\phi$  650 cada 1,00 m).

Las ventajas de dicha elección han sido las siguientes:

- Requerimiento de maquinaria de menor tamaño que posibilita el mantenimiento del tráfico,
- Menor afección a las raíces de los árboles al ser discontinua.
- Posibilidad de disponer el replanteo de pilotes de forma compatible al mantenimiento temporal de los servicios transversales previamente a ser desviados.
- Mayor rendimiento de ejecución frente a la pantalla.
- Menor impacto acústico.

#### **6.6.- RAMPAS DE ACCESO Y OBRA**

Las rampas de acceso a los tres aparcamientos, cuyo emplazamiento fue definido en el Anteproyecto, fueron modificadas convenientemente para adaptarse a la nueva realidad de los mismos.

Del mismo modo, y con objeto de facilitar la salida de tierras de vaciado de la excavación bajo losa en el aparcamiento, se optó por establecer una situación transitoria durante las obras que afecta a los perfiles transversales de las rampas y que permite el acceso de camiones de obra a las pantallas -2 y -4 en condiciones de seguridad y gálibos satisfactorias.

#### **6.7.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se aplica la Normativa EHE-98, puesto que en el momento de la adjudicación del Concurso (agosto de 2008) era la Normativa vigente.

## **7.- MOVIMIENTO DE TIERRAS**

### **7.1.- VACIADO DE TIERRAS**

El vaciado del aparcamiento se realizará a cielo abierto o bajo la losa de cubierta, con achique en caso necesario, en cualquier clase de terreno, por medios mecánicos convencionales, con parte proporcional de levantamiento de calzada existente, excavación, carga y transporte de productos sobrantes a vertedero.

Por la importancia de esta partida ha de estar previsto, un vertedero apropiado y lo más próximo posible.

### **7.2.- EXCAVACIÓN EN POZOS Y ZANJAS**

Se realizará por medios mecánicos y perfilado manual, tanto las de cimentación, como las de saneamiento, con las dimensiones y especificaciones que se indiquen en planos del Proyecto.

## **8.- TRATAMIENTO PROPUESTO AL ARBOLADO EXISTENTE**

Se ha realizado un inventario y estudio de los árboles existentes en la franja de afección del Proyecto en la ciudad de Madrid, con el objeto de dar cumplimiento a la legislación vigente referida a la protección del arbolado. Esto permite definir y establecer las afecciones y soluciones propuestas para conservar, restablecer o, en su caso, restituir los ejemplares afectados por la ejecución de la obra.

Se han desarrollado las siguientes **medidas preventivas**, a ejecutar en la fase inicial de las obras, con el fin de minimizar la afección al arbolado existente; protecciones en troncos en árboles próximos a la obra, recorte de raíces, equilibrado de copas y tratamientos fitosanitarios en todas las operaciones del arbolado.

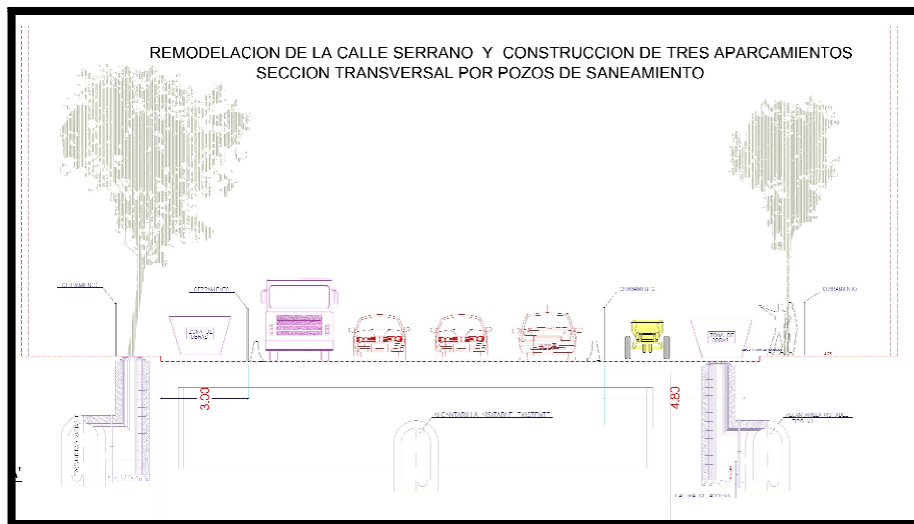
Se han abordado **medidas correctoras** en las que se encuentra la posibilidad de trasplante, analizando en qué casos se debe realizar un trasplante, y aquellos en los que no se recomienda. En algunos casos se reutilización de los pies trasplantados, especificando la necesidad de acopio fuera de la obra en condiciones adecuadas y su reimplantación en los alcorques definitivos del Proyecto de Urbanización. En otros casos se sustituyeron de pies.

## **9.- SERVICIOS AFECTADOS**

Se han modernizado los principales servicios urbanos:

- Reposición de **red de saneamiento** con más de 3.000 ml de colector en galería visitable y 150 pozos.

Al ir el colector existente en Serrano por el eje de la Calle , este interfería en la posición de los aparcamientos proyectados. Este colector se situaba a una profundidad suficiente para captar las acometidas existentes, y tenía una pendiente que permitía su evacuación por gravedad y conexión con otros colectores. En este caso se repuso el colector central con sendos colectores laterales y a una profundidad que recogiesen todas las acometidas domiciliarias.



- Reposición de red gas de diámetro hasta 65 ".
- Reposición de redes telefónicas de 5 compañías diferentes con más de 30.000ml de cable y 6 cámaras.
- Reposición de más de 4.500 ml de colectores del CYII con diámetros hasta 850.
- Una nueva subestación eléctrica y 10 nuevos centros de transformación.
- Una nueva galería de servicio a lo largo de la calle Serrano de más de 1.600 ml de longitud.

Para la planificación de los diferentes servicios afectados se mantuvieron conversaciones con diferentes técnicos de las compañías afectadas.

Posteriormente se han estudiado de forma detallada las reposiciones necesarias, atendiendo al criterio fundamental de la continuidad del servicio por parte de la compañía y al menor coste de la reposición.

Una vez planificados los diferentes servicios afectados se elaboran los apéndices específicos de Reposición de Servicios de cada compañía.

Se realiza un exhaustivo trabajo de campo, recorriendo todos los servicios, y comprobando "in situ" las posibles variaciones.

Previo a la realización del Proyecto se han realizado catas en distintas zonas de influencia del Proyecto con el fin de completar y verificar la información aportada por las compañías de las distintas canalizaciones que discurren por la zona de Proyecto. Con la información aportada por las catas, se ha podido contrastar la documentación enviada por las distintas compañías, reflejándose en el Proyecto de Servicios Afectados.

## **10.- PROCESO CONSTRUCTIVO**

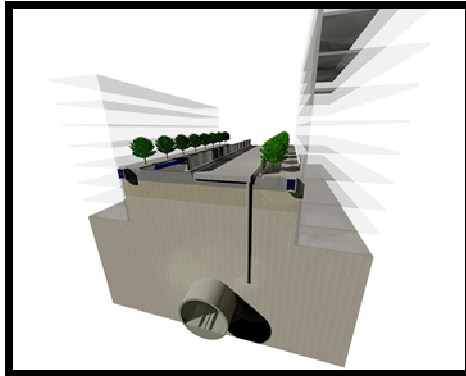
Dada la importancia del entorno urbano donde tuvo lugar la obra en cuestión, se planteó una ejecución descendente que incidió en una reducida ocupación temporal de la calle, manteniendo en todo momento, la circulación de vehículos en la calle Serrano, al igual que la de sus perpendiculares.

El procedimiento descendente si bien supone un sobrecoste en la ejecución de la obra, ofrece ventajas exclusivas que no pueden ofrecer otros procedimientos constructivos, que son:

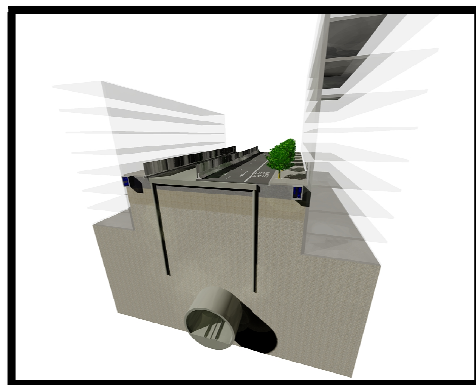
- Mantener el tráfico longitudinal de peatones y vehículos a lo largo de todo el periodo de ejecución de las obras.
- Recuperar la cubierta al tráfico, tanto de vehículos como de peatones, en un plazo de tiempo muy reducido, dando a la obra un carácter de obra subterránea tras la ejecución de la losa de cubierta.
- Proceso más seguro: La losa de cubierta y las intermedias constituyen un elemento de contención a la vez provisional y definitivo.
- Al utilizar elementos prefabricados, según se van ejecutando los forjados superiores éstos quedan libres para poder avanzar en ellos con las labores de albañilería e instalaciones, simultaneando estos trabajos

## RESUMEN DE LAS FASES

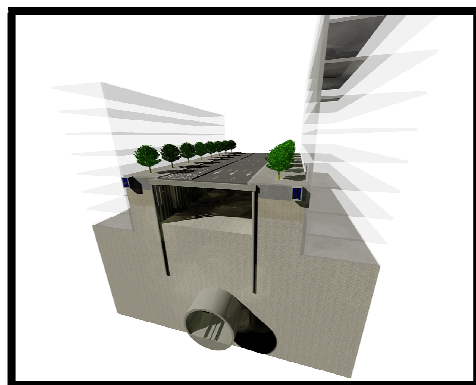
- Fase 0: Desvíos de Servicios Afectados
- Fase 1: Desvíos de tráfico para la ejecución de pantallas y losa del lado de los impares
- Fase 2: Ocupación longitudinal de media calzada del lado de los impares
  - Ejecución de la pantalla perimetral del lado de los impares.
  - Preparación de la plataforma para la mitad de la losa de cubierta.
  - Ejecución de la correspondiente media losa de cubierta.



- Fase 3: Desvíos de tráfico para la ejecución de pantallas y losa del lado de los pares

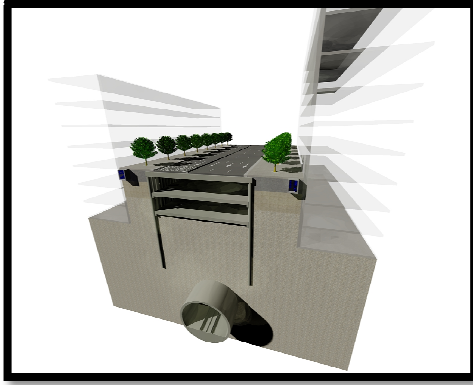


- Fase 4 Excavación hasta 1,50 m bajo la cota inferior de la planta primera.

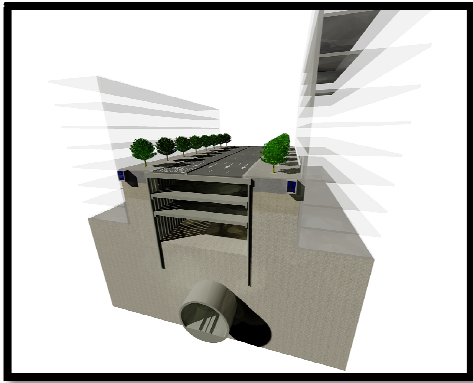


- Fase 5: Ejecución de forjados de planta 0 y 1:

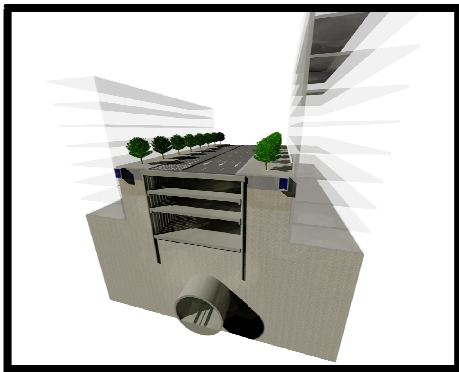


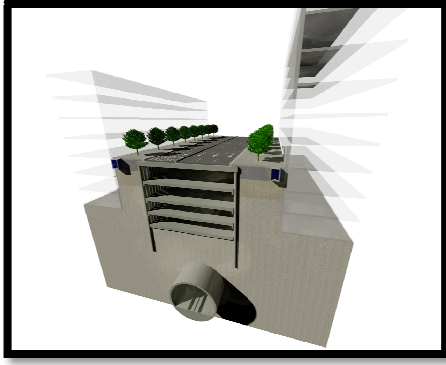


- Fase 6: Excavación hasta 1,50 m bajo cota inferior de planta 3.



- Fase 7: Colocación del forjado prefabricado de la planta segunda.
- Fase 8: Excavación hasta fondo de vaciado.
- Fase 9: Ejecución de losa de fondo y posteriormente forjado de planta tercera.





- Fase 10: Albañilería, Instalaciones y Acabados:

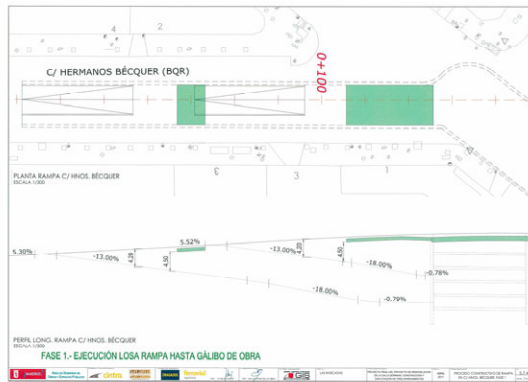
Según se fue ejecutando la estructura de las diferentes plantas, , se pudo comenzar los trabajos de albañilería, instalaciones y por último los de acabados, pinturas y señalización propios de aparcamiento.

### RESUMEN DE LAS FASES EN RAMPAS

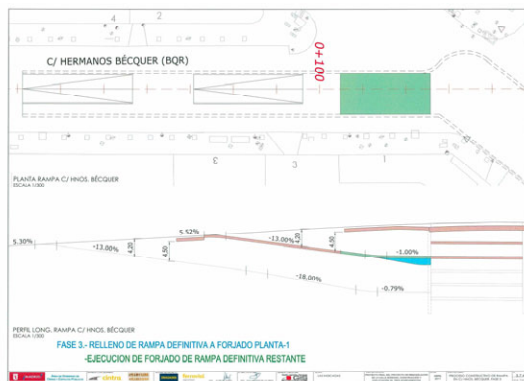
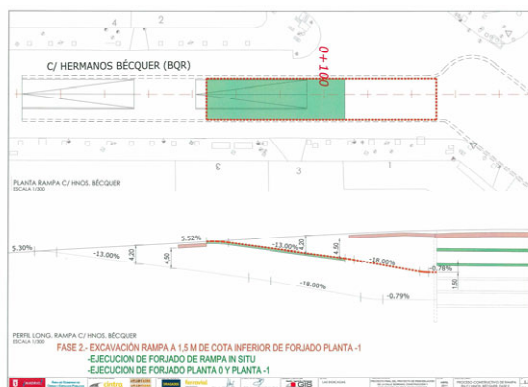
Como se ha comentado anteriormente con objeto de facilitar la salida de tierras de vaciado de la excavación bajo losa en el aparcamiento, se optó por establecer una situación transitoria durante las obras que afecto a los perfiles longitudinales de las rampas, teniendo que deprimir en cota éstas para dar acceso a las plantas más bajas de los aparcamientos. Posteriormente se tuvo que restablecer la situación del proyecto. A continuación se hará una breve descripción del proceso constructivo de una de las rampas más significativas de la obra

- **Rampa de Hermanos Bécquer:** Se trata de una rampa doble superpuestas, de modo que la boca de la rampa que da acceso a la planta -2 está retranqueada unos metros con respecto a la que da acceso a la -1, quedando la segunda por encima de la primera. Durante las obras, la rampa más adelantada dará acceso a la -2, mientras la más atrasada da acceso a la -4. El proceso es el siguiente:

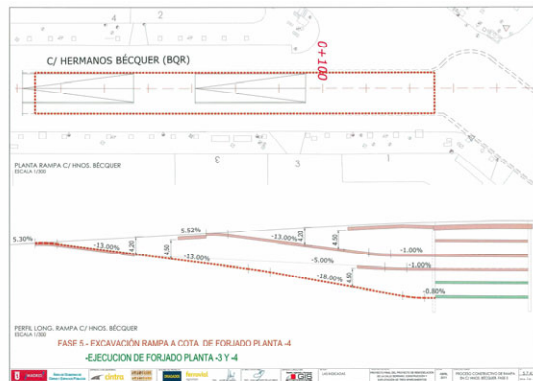
1. Ejecución de pantallas de las rampas
2. Excavación hasta cota de losa de cubierta de rampas y ejecución del tramo de losa de cubierta compatible con gálibos de obra.



3. Excavación hasta cota de rampa provisional a la -2 y ejecución de losa de rampa provisional.



4. Excavación bajo losa hasta cota de rampa provisional a la -4 y ejecución de solera en fondo de excavación. Esta situación se mantendrá hasta la fase final de las obras.



C/ HERMANOS BÉCQUER (BQR)

0.01+0

PLANTA RAMPA C/ HNOS. BÉCQUER  
BQ=10+100

5.30% 2.3.00% 4.50% 5.52% 13.00% 1.00% -1.00% -5.50% -1.00%

C.V.

PERFIL LONG. RAMPA C/ HNOS. BÉCQUER  
BQ=10+100

**FASE 6.- RELLENO RAMPA DE OBRA HASTA RASANTE DEFINITIVA**

C/ HERMANOS BÉCQUER (BQR)

PLANTA RAMPA C/ HNOS. BÉCQUER  
0+00+1000

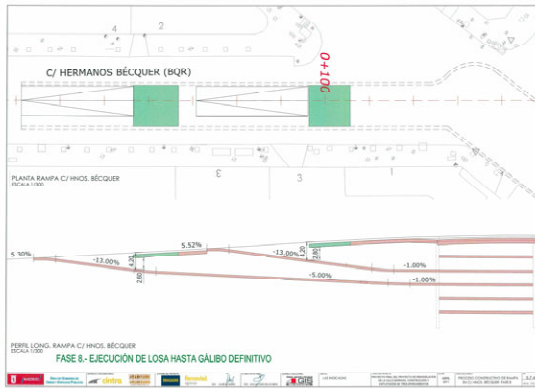
5.30% -13.00% 5.92% -13.00% -5.00% -1.00%

L=21

PERFIL LONG. RAMPA C/ HNOS. BÉCQUER  
0+00+1000

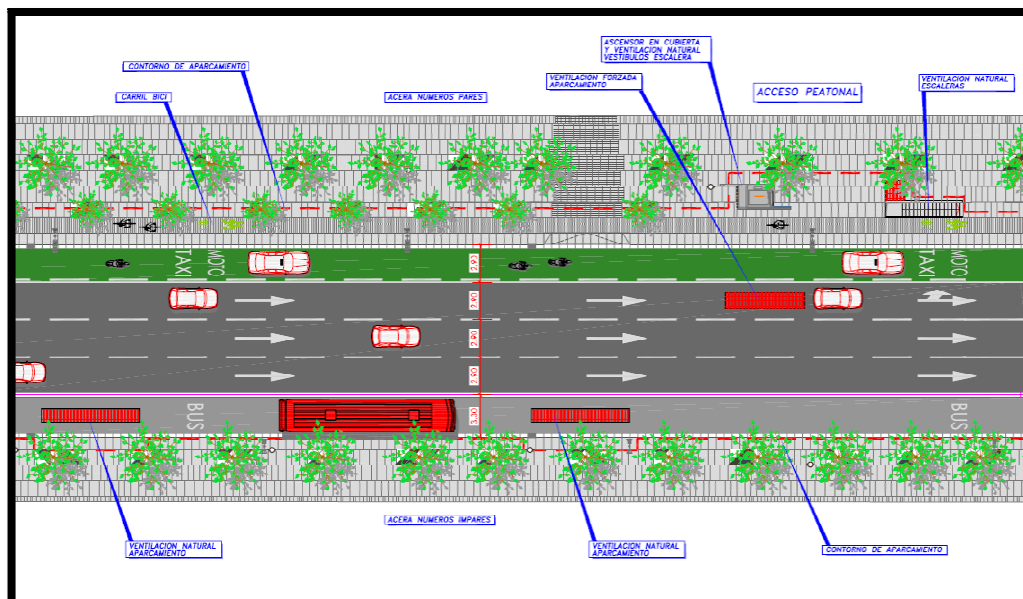
**FASE 7.- EJECUCION DE FORJADO DE RAMPA DEFINITIVA IN SITU**

## 7. Ejecución de rampa definitiva a la -1 y losa de cubierta no ejecutada en el paso 2



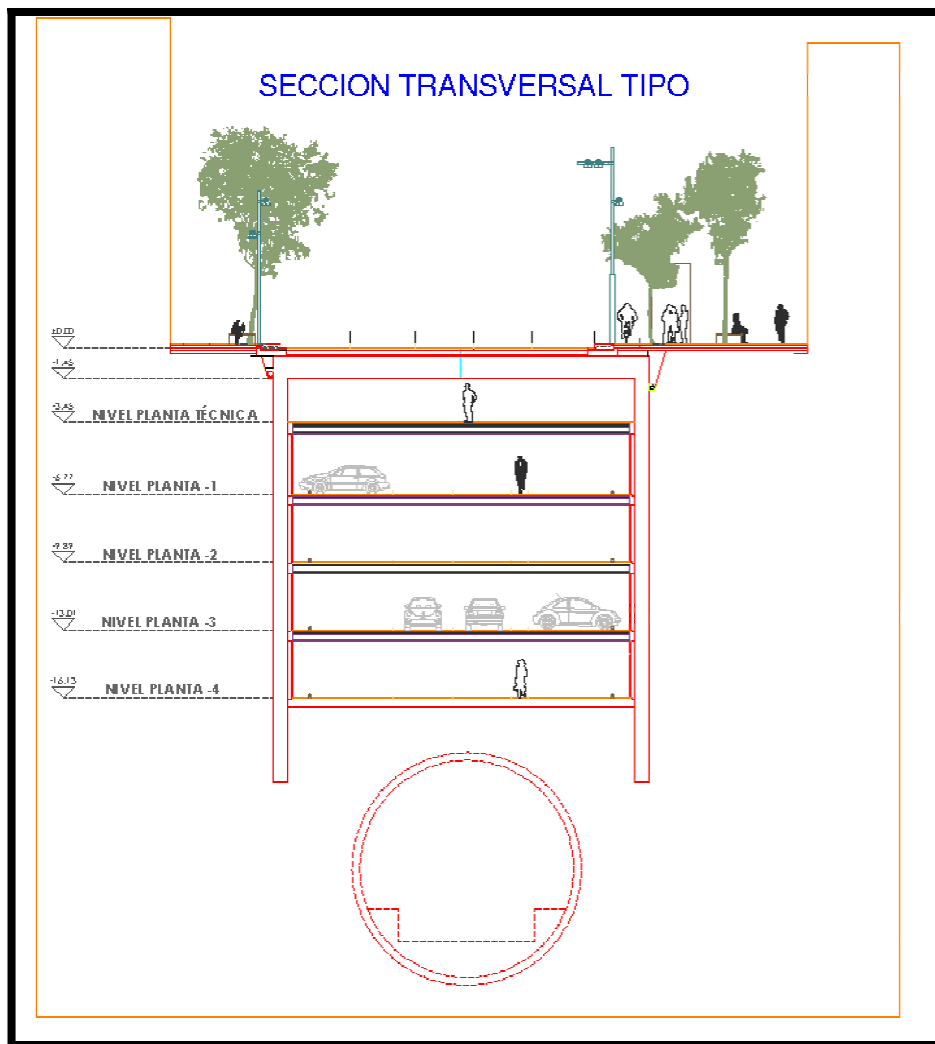
## 11. OBRA SUBTERRANEA Y SU REFLEJO EN SUPERFICIE

La principal consideración que se debe hacer es que la obra consta de dos partes totalmente diferenciadas como son la actuación en superficie por un lado y en subsuelo (una vez ejecutada la losa de cubierta) y que sin embargo nos obliga a una metodología de ejecución de tal forma que se coordinen de manera eficiente los trabajos para que los trastornos creados a los ciudadanos se minimicen, no duplicándose los cortes ni las ocupaciones en superficie. El principal problema es el de conceptualizar la construcción de los tres aparcamientos de obra subterránea, cuando esta tiene importantes reflejos en superficie. ya que, obligados al cumplimiento del Código Técnico de Edificación , este establece; accesos peatonales a los usuarios, ascensores para el acceso de los minusválidos, ventilación mecánica y natural mediante tramex en superficie y accesos de materiales para las galerías de servicios.



También se realizaron una mejora cualitativa de servicios con reposiciones de tuberías de abastecimiento, densificación de sumideros superficiales, realización de nuevos pozos de acceso a colectores en las aceras ,se reordenaron las líneas de Tensión Eléctrica , etc etc.

Todas estas actuaciones hacen que la obra sea tan superficial como subterránea.



Como conclusión, la principal consideración que se debe hacer es que la obra consta de dos partes totalmente diferenciadas como son la actuación en superficie por un lado y en subsuelo (una vez ejecutada la losa de cubierta), pero cuya construcción y concepción van irremediablemente de la mano, no pudiendo entenderse estas de forma individual. Así mismo, al haberse dado coincidencias en con grandes infraestructuras en el ámbito del proyecto (Línea de Metro existentes, Túnel Ave,

Galerías de Salamanca, Subestación Unión Fenosa..) el método constructivo fue rigurosamente estudiado a fin de que todas estas actuaciones estuviesen coordinadas eficientemente con el fin ocasionar los mínimos trastornos a los ciudadanos, no duplicándose los cortes ni las ocupaciones en superficie.

El plazo de ejecución de las obras se estimó en 28 meses, con lo que la fecha de finalización fue el 10 de marzo de 2011.

